

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-200814 ✓

(P2000-200814A)

(43) 公開日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード (参考)
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	P 2 G 0 3 2
G 0 1 R 31/28		G 0 1 R 31/28	A 4 M 1 0 6
			B

審査請求 有 請求項の数15 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願平11-1680

(22) 出願日 平成11年1月7日 (1999.1.7)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 杉本 正明

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100104916

弁理士 古澤 聡 (外1名)

Fターム (参考) 2G032 A4D1 A820 A8D4

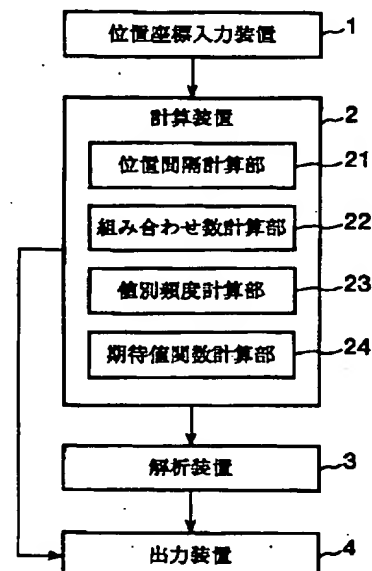
4M106 A4D4 CA50 DJ20 DJ21 DJ23

(54) 【発明の名称】 不良分布解析システム、方法及び記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 半導体集積回路の不良素子の分布が規則性分布を含むか不規則性分布であるかを簡易かつ迅速に解析する。

【解決手段】 位置座標入力装置1から半導体集積回路の不良素子の位置座標が入力されると、位置間隔計算部21によりその位置間隔 $|\Delta x|$ が全組み合わせ数 $X (= nC_2)$ に対して網羅的に計算され、組み合わせ数計算部22により $|\Delta x|$ が0となる組み合わせ数を N から除いた組み合わせ数 N_x が計算される。次に、値別頻度計算部23は、位置間隔 $|\Delta x|$ のそれぞれに含まれる約数 f を求め、約数 f の値別の頻度を値別頻度 $\Sigma m(f)$ として計算する。期待値関数計算部24は、期待値関数 $T(f) (= f \cdot \Sigma m(f) / N_x)$ を求める。解析装置3は、すべての約数 f に対する期待値関数 $T(f)$ が1以下である場合には、不良素子の分布が不規則性分布であると、そうでない場合は規則性分布を含むと判断する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】解析対象となる半導体集積回路に含まれる不良素子の特定方向の位置座標の任意の 2 個についての全組み合わせに対して、位置座標の間隔を計算する位置間隔計算手段と、

前記位置間隔計算手段が計算した位置座標間隔の組み合わせのうちで値が 0 となる組み合わせの数を除いた組み合わせ数を計算する組み合わせ数計算手段と、

前記位置間隔計算手段が計算した各位置座標の間隔の約数をそれぞれ求め、求めた約数毎の出現頻度をそれぞれ計算する値別頻度計算手段と、

前記値別頻度計算手段が計算した約数毎の出現頻度に応じた期待値関数の値を約数毎に計算する期待値関数計算手段と、

前記期待値関数計算手段の計算結果に基づいて、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むか不規則性分布であるかを解析する解析手段とを備えることを特徴とする不良分布解析システム。

【請求項 2】前記値別頻度計算手段が求める約数は、2 以上で、前記位置間隔計算手段が計算した位置間隔の最大値以下の整数であることを特徴とする請求項 1 に記載の不良分布解析システム。

【請求項 3】前記期待値関数計算手段は、前記値別頻度計算手段が計算した約数毎の出現頻度の値に、対応する約数の値を乗算し、前記組み合わせ数計算手段が計算した組み合わせ数で除算した値を、約数毎の期待値関数の値として計算することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の不良分布解析システム。

【請求項 4】前記解析手段は、前記約数毎の期待値関数の値がすべて 1 以下である場合に、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が不規則性分布であると判断し、期待値関数の値が 1 を越えるものがある場合に、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むと判断することを特徴とする請求項 3 に記載の不良分布解析システム。

【請求項 5】前記解析手段によって規則性分布を含むと判断された場合に、前記約数毎の期待値関数のうちで値が最も大きい期待値関数に対応する約数と値が 2 番目に大きい期待値関数に対応する約数との差を求め、該差に基づいて規則性分布の周期を解析する規則性分布解析手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の不良分布解析システム。

【請求項 6】前記規則性分布解析手段は、前記約数毎の期待値関数のうちで値が最も大きい期待値関数に対応する約数と値が 2 番目に大きい期待値関数に対応する約数との差が、値が最も大きい期待値関数に対応する約数と一致する場合に、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布に所定の周期の規則性分布が含まれると判断することを特徴とする請求項 5 に記載の不良分布解析システム。

【請求項 7】前記規則性分布解析手段は、前記約数毎の期待値関数のうちで値が最も大きい期待値関数に対応する約数と値が 2 番目に大きい期待値関数に対応する約数との差が、所定の許容誤差の範囲に含まれる場合に、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布に所定の周期の規則性分布が含まれると判断することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の不良分布解析システム。

【請求項 8】前記解析手段によって規則性分布を含むと判断された場合に、規則性分布を含むとの判断の基となった期待値関数及び対応する約数を、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布を示す画像と対応付けて登録するデータ登録手段と、

任意の期待値関数及び約数を入力し、該入力された期待値関数及び約数に対応して登録されている不良分布の画像を前記データ登録手段から検索するデータ検索手段とをさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の不良分布解析システム。

【請求項 9】前記データ登録手段は、登録されている期待値関数及び約数並びに画像を、その登録の時系列で識別することが可能な識別情報を対応付けてさらに登録することを特徴とする請求項 8 に記載の不良分布解析システム。

【請求項 10】解析対象となる半導体集積回路に含まれる不良素子の特定方向の位置座標の任意の 2 個についての全組み合わせに対して、位置座標の間隔を計算する位置間隔計算ステップと、

前記位置間隔計算ステップで計算された位置座標間隔の組み合わせから該位置座標間隔の値が 0 となる組み合わせの数を除いた組み合わせ数を計算する組み合わせ数計算ステップと、

前記位置間隔計算ステップで計算された各位置座標の間隔の約数をそれぞれ求め、求めた約数毎の出現頻度をそれぞれ計算する値別頻度計算ステップと、

前記値別頻度計算ステップで計算された約数毎の出現頻度に応じた期待値関数の値を約数毎に計算する期待値関数計算ステップと、

前記期待値関数計算ステップでの計算結果に基づいて、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むか不規則性分布であるかを解析する解析ステップとを含むことを特徴とする不良分布解析方法。

【請求項 11】前記解析ステップで規則性分布を含むと判断された場合に、前記約数毎の期待値関数のうちで値が最も大きい期待値関数に対応する約数と値が 2 番目に大きい期待値関数に対応する約数との差を求め、該差に基づいて規則性分布の周期を解析する規則性分布解析ステップをさらに含むことを特徴とする請求項 10 に記載の不良分布解析方法。

【請求項 12】前記解析ステップで規則性分布を含むと判断された場合に、規則性分布を含むとの判断の基となった期待値関数及び対応する約数を、前記半導体集積回

路に含まれる不良素子の分布を示す画像と対応付けて登録するデータ登録ステップと、
 任意の期待値関数及び約数を入力し、該入力された期待値関数及び約数に対応して登録された不良分布の画像を検索するデータ検索ステップとをさらに含むことを特徴とする請求項10または11に記載の不良分布解析方法。

【請求項13】前記データ登録ステップは、期待値関数及び約数並びに画像のそれぞれを、その登録の時系列で識別することが可能な識別情報を対応付けてさらに登録することを特徴とする請求項12に記載の不良分布解析方法。

【請求項14】解析対象となる半導体集積回路に含まれる不良素子の特定方向の位置座標の任意の2個についての全組み合わせに対して、位置座標の間隔を計算する位置間隔計算ステップと、

前記位置間隔計算ステップで計算された位置座標間隔の組み合わせから該位置座標間隔の値が0となる組み合わせの数を除いた組み合わせ数を計算する組み合わせ数計算ステップと、

前記位置間隔計算ステップで計算された各位置座標の間隔の約数をそれぞれ求め、求めた約数毎の出現頻度をそれぞれ計算する値別頻度計算ステップと、

前記値別頻度計算ステップで計算された約数毎の出現頻度に応じた期待値関数の値を約数毎に計算する期待値関数計算ステップと、

前記期待値関数計算ステップでの計算結果に基づいて、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むか不規則性分布であるかを解析する解析ステップとを実行するプログラムを記録することを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項15】前記解析ステップで規則性分布を含むと判断された場合に、前記約数毎の期待値関数のうちで値が最も大きい期待値関数に対応する約数と値が2番目に大きい期待値関数に対応する約数との差を求め、該差に基づいて規則性分布の周期を解析する規則性分布解析ステップを実行するプログラムをさらに記録することを特徴とする請求項14に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回路素子が規則的に配置された半導体集積回路の不良素子の分布（不良分布）を解析する不良分布解析システム、方法及びこの方法を実現するプログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】回路素子（以下、単に素子という）を規則的に配置した半導体集積回路に含まれる不良素子の分布を解析する場合、それら不良素子の配置を模して規則正しく記録を行うことにより、その解析対象となる半導

体集積回路に含まれる不良素子の分布を視覚的に把握することができる。

【0003】例えば、素子を駆動する回路がブロック分割されており、各ブロックに含まれる素子すべてが不良の場合にはブロック不良であると判定したり、隣接する2つの素子が不良の場合には2ビットペア不良であると判定したり、素子1個が単独で不良の場合には1ビット不良と判定したり、隣接する素子が塊上に不良の場合には群ビット不良と判定するといったことが可能となる。

【0004】このような不良素子の分布の解析は、ビットマップ解析と呼ばれており、メモリLSIまたはメモリ搭載ロジックLSIに代表される半導体集積回路に含まれる不良素子の分布を解析する場合に特に有効である。しかし、近年の半導体集積回路の高集積化に伴って1つのチップ内に含まれる素子の数が1000万個以上に達してくると、このような人手によるビットマップ解析で不良素子の分布のすべてを解析するのは、困難になってきた。

【0005】そこで、特開昭61-23327号公報や、特開平1-216278号公報に開示されているように、半導体集積回路に含まれる不良素子の分布を自動的に解析するような技術も幾つか提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した公報に記載の技術を代表とする、従来の不良分布の解析技術には、次のような問題点があった。

【0007】第1に、半導体集積回路の全体にわたって広範囲かつ低密度に分布する不良素子の分布が不規則なのか、それとも規則性を含むのかを判別するのが困難であるという問題点があった。通常、解析技術者は、半導体集積回路に含まれる不良素子の分布を解析する場合に、回路全体を一望できる程度の低倍率で全体の分布を眺め、不良素子密度の高い領域を探す。そして、その領域を高倍率で観察して、不良素子の正確な位置や分布の規則性を調べる。しかし、不良素子が広範囲かつ低密度で分布する場合には、高倍率での観察領域が広くなる。従って、人手による解析は事実上困難であったことによるものである。

【0008】第2に、不良素子の分布に規則性を発見した場合でも、その規則性の周期を求めることが困難であるという問題点があった。その理由は、不良素子の分布密度が低く、かつ広範囲であるため、不良素子の位置座標度数分布を求めても位置座標範囲が広く、しかも位置座標当たりの度数を1～数個程度となってしまうため、分布の周期を正確に求めることが困難であったことによるものである。

【0009】第3に、不良素子の分布を記憶装置に保存しておき、コンピュータで的確な検索を行うことができなかったという問題点があった。すなわち、個々の不良素子の位置座標を検索する場合には、半導体集積回路の

集積度が大きくなると不良素子数も増加し、保存すべきデータも膨大になってしまうので、記憶装置の記憶容量が短期間で飽和してしまうので、実用上用いることができなかったことによるものである。これに対し、不良素子対全素子の比を検索するシステムもあるが、位置座標のデータを含めないために不良素子の空間的な分布状態を表現できなかったことによるものである。さらに、位置座標別に不良素子数を計数するヒストグラムで検索するシステムもあるが、ヒストグラムの完全一致する分布がほとんどないこと、素子数の増加によるヒストグラムの形状のばらつきで、類似形状のヒストグラムを検索することが困難であったことによるものである。

【0010】本発明は、半導体集積回路に含まれる不良素子の分布を容易に解析することができる不良分布解析システム、方法及びこの方法を実現するプログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第1の観点にかかる不良分布解析システムは、解析対象となる半導体集積回路に含まれる不良素子の特定方向の位置座標の任意の2個についての全組み合わせに対して、位置座標の間隔を計算する位置間隔計算手段と、前記位置間隔計算手段が計算した位置座標間隔の組み合わせのうちで値が0となる組み合わせの数を除いた組み合わせ数を計算する組み合わせ数計算手段と、前記位置間隔計算手段が計算した各位置座標の間隔の約数をそれぞれ求め、求めた約数毎の出現頻度をそれぞれ計算する値別頻度計算手段と、前記値別頻度計算手段が計算した約数毎の出現頻度に応じた期待値関数の値を約数毎に計算する期待値関数計算手段と、前記期待値関数計算手段の計算結果に基づいて、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むか不規則性分布であるかを解析する解析手段とを備えることを特徴とする。

【0012】上記不良分布解析システムでは、不良素子の位置座標の間隔のすべてについての約数を求め、約数毎の期待値関数を計算する。そして、この期待値関数により不良素子の分布が規則性分布を含むか不規則性分布であるかが解析される。このため、半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むか不規則性分布であるかを容易に知ることができる。

【0013】ところで、半導体集積回路の不良が誤配線や寸法違いによる設計起因のものである場合には、不良素子の分布は、一般に規則性分布を示す。一方、ウェハを取り巻く雰囲気中の異物やエッチングガスの濃度、温度分布のむらなどその他の原因による場合には、不良素子の分布は、一般に不規則性分布を示す。従って、上記不良分布解析システムによれば、半導体集積回路の不良が、設計に起因するものかそうでないかも容易に知ることができる。

【0014】さらには、上記不良分布解析システムでは、不良素子の位置座標に関するデータを、位置座標間隔の約数と期待値関数とに集約することができる。このため、半導体集積回路に含まれる不良素子の傾向に関するデータを蓄積して磁気ディスク装置などの記憶装置に保存する場合には、その記憶容量の制約をあまり受けることなく、長期間保存しておくことができるようになる。

【0015】上記不良分布解析システムにおいて、前記値別頻度計算手段が求める約数は、2以上で、前記位置間隔計算手段が計算した位置間隔の最大値以下の整数とすることができる。

【0016】上記不良分布解析システムにおいて、前記期待値関数計算手段は、例えば、前記値別頻度計算手段が計算した約数毎の出現頻度の値に、対応する約数の値を乗算し、前記組み合わせ数計算手段が計算した組み合わせ数で除算した値を、約数毎の期待値関数の値として計算するものとすることができる。

【0017】上記不良分布解析システムにおいて、前記解析手段は、前記約数毎の期待値関数の値がすべて1以下である場合に、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が不規則性分布であると判断し、期待値関数の値が1を越えるものがある場合に、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むと判断するものと判断することができる。

【0018】また、上記不良分布解析システムは、前記解析手段によって規則性分布を含むと判断された場合に、前記約数毎の期待値関数のうちで値が最も大きい期待値関数に対応する約数と値が2番目に大きい期待値関数に対応する約数との差を求め、該差に基づいて規則性分布の周期を解析する規則性分布解析手段をさらに備えるものとすることができる。

【0019】この場合には、半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むと判別された場合に、規則性分布解析手段は、最も大きい期待値関数に対応する約数と値が2番目に大きい期待値関数に対応する約数との差に基づいて、規則性分布の周期を解析する。従って、不良素子の分布が規則性分布を含むと判別された場合の、その周期を容易かつ迅速に求めることができる。

【0020】なお、前記規則性分布解析手段は、前記約数毎の期待値関数のうちで値が最も大きい期待値関数に対応する約数と値が2番目に大きい期待値関数に対応する約数との差が、値が最も大きい期待値関数に対応する約数と一致する場合に、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布に所定の周期の規則性分布が含まれると判断するものとすることができる。

【0021】また、前記規則性分布解析手段は、前記約数毎の期待値関数のうちで値が最も大きい期待値関数に対応する約数と値が2番目に大きい期待値関数に対応する

る約数との差が、所定の許容誤差の範囲に含まれる場合に、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布に所定の周期の規則性分布が含まれると判断するものとすることができる。

【0022】また、上記不良分布解析システムは、前記解析手段によって規則性分布を含むと判断された場合に、登録するデータ登録手段と、任意の期待値関数及び約数を入力し、該入力された期待値関数及び約数に対応して登録されている不良分布の画像を前記データ登録手段から検索するデータ検索手段とをさらに備えるものとする

ことができる。

【0023】この場合、データ登録手段に、規則性分布を含むとの判断の基となった期待値関数及び対応する約数が前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布を示す画像と対応付けて登録される。そして、データ検索手段で期待値関数及び約数を入力して登録されている不良分布の画像を検索することができる。このため、半導体集積回路の不良素子の規則性分布がどのように発生しているかを容易に知ることができる。

【0024】なお、上記の場合において、前記データ登録手段は、登録されている期待値関数及び約数並びに画像を、その登録の時系列で識別することが可能な識別情報を対応付けてさらに登録するものとする

ことができる。

【0025】このように時系列の識別情報をさらに登録することにより、半導体集積回路の不良素子の規則性分布の発生を時系列的に容易に知ることが可能となる。

【0026】上記目的を達成するため、本発明の第2の観点にかかる不良分布解析方法は、解析対象となる半導体集積回路に含まれる不良素子の特定方向の位置座標の任意の2個についての全組み合わせに対して、位置座標の間隔を計算する位置間隔計算ステップと、前記位置間隔計算ステップで計算された位置座標間隔の組み合わせから該位置座標間隔の値が0となる組み合わせの数を除いた組み合わせ数を計算する組み合わせ数計算ステップと、前記位置間隔計算ステップで計算された各位置座標の間隔の約数をそれぞれ求め、求めた約数毎の出現頻度をそれぞれ計算する値別頻度計算ステップと、前記値別頻度計算ステップで計算された約数毎の出現頻度に応じた期待値関数の値を約数毎に計算する期待値関数計算ステップと、前記期待値関数計算ステップでの計算結果に基づいて、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むか不規則性分布であるかを解析する解析ステップとを含むことを特徴とする。

【0027】上記不良分布解析方法は、前記解析ステップで規則性分布を含むと判断された場合に、前記約数毎の期待値関数のうちで値が最も大きい期待値関数に対応する約数と値が2番目に大きい期待値関数に対応する約数との差を求め、該差に基づいて規則性分布の周期を解析する規則性分布解析ステップをさらに含むものとする

ことができる。

【0028】また、上記不良分布解析方法は、前記解析ステップで規則性分布を含むと判断された場合に、規則性分布を含むとの判断の基となった期待値関数及び対応する約数を、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布を示す画像と対応付けて登録するデータ登録ステップと、任意の期待値関数及び約数を入力し、該入力された期待値関数及び約数に対応して登録された不良分布の画像を検索するデータ検索ステップとをさらに含むものとする

こともできる。

【0029】この場合において、前記データ登録ステップは、期待値関数及び約数並びに画像のそれぞれを、その登録の時系列で識別することが可能な識別情報を対応付けてさらに登録するものとする

ことができる。

【0030】上記目的を達成するため、本発明の第3の観点にかかるコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、解析対象となる半導体集積回路に含まれる不良素子の特定方向の位置座標の任意の2個についての全組み合わせに対して、位置座標の間隔を計算する位置間隔計算ステップと、前記位置間隔計算ステップで計算された位置座標間隔の組み合わせから該位置座標間隔の値が0となる組み合わせの数を除いた組み合わせ数を計算する組み合わせ数計算ステップと、前記位置間隔計算ステップで計算された各位置座標の間隔の約数をそれぞれ求め、求めた約数毎の出現頻度をそれぞれ計算する値別頻度計算ステップと、前記値別頻度計算ステップで計算された約数毎の出現頻度に応じた期待値関数の値を約数毎に計算する期待値関数計算ステップと、前記期待値関数計算ステップでの計算結果に基づいて、前記半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むか不規則性分布であるかを解析する解析ステップとを実行するプログラムを記録することを特徴とする。

【0031】上記記録媒体は、前記解析ステップで規則性分布を含むと判断された場合に、前記約数毎の期待値関数のうちで値が最も大きい期待値関数に対応する約数と値が2番目に大きい期待値関数に対応する約数との差を求め、該差に基づいて規則性分布の周期を解析する規則性分布解析ステップを実行するプログラムをさらに記録するものとする

ことができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

【0033】[第1の実施の形態] 図1は、この実施の形態にかかる半導体集積回路の不良分布解析システムの構成を示すブロック図である。図示するように、この不良分布解析システムは、位置座標入力装置1と、位置間隔計算部21、組み合わせ数計算部22、値別頻度計算部23及び期待値関数計算部24を含む計算装置2と、解析装置3と、出力装置4とから構成されている。

【0034】位置座標入力装置1は、例えば、半導体集

積回路のテストデータをデータベースから読み出すデータベース読み出し装置によって構成され、半導体集積回路内に規則正しく配置された回路素子に含まれる不良素子の特定方向の位置座標 x を入力し、該不良素子の位置座標を計算装置2に転送する。

【0035】位置間隔計算部21は、位置座標入力装置1から入力された不良素子の位置座標 x のうち任意の2個の不良素子間の位置座標間隔 $|\Delta x|$ を、その全組み合わせ数 $N (= {}_nC_2 = n(n-1)/2)$ について網羅して計算する。

【0036】組み合わせ数計算部22は、位置座標間隔の組み合わせ数 N から $|\Delta x|$ の値が0となる組み合わせ数 u_x を除いた組み合わせ数 $N_x (= N - u_x)$ を計算する。

【0037】値別頻度計算部23は、すべての位置座標間隔 $|\Delta x|$ の約数 f (f は2以上で、 $|\Delta x|$ の最大値 $|\Delta x|_{\max}$ 以下の整数)のすべてを求め、それぞれの約数 f の頻度 (以下、値別頻度という) $\Sigma m(f)$ のすべてを計算する。

【0038】期待値関数計算部24は、組み合わせ数計算部22で求めた組み合わせ数 N_x に含まれる任意の約数 f の含有率 (または確率) $P(f) = \Sigma m(f) / N_x$ に、対応する約数 f を乗じた期待値関数 $T(f) = f \cdot P(f)$ を、それぞれの約数 f に関して計算する。期待値関数計算部24は、計算した期待値関数 $T(f)$ の値を解析装置3に転送する。

【0039】解析装置3は、所定の解析プログラムを実行するコンピュータ装置によって構成され、期待値関数計算部24で計算された期待値関数 $T(f)$ の値がすべて1以下であるか、それとも1を越えるものを含むかどうかを解析する。解析装置3は、期待値関数 $T(f)$ の値がすべて1以下である場合には、不良素子の分布が不規則性分布であると、1を越えるものを含む場合は規則性分布を含むと判断して、その解析結果を出力装置4に転送する。

【0040】出力装置4は、CRT (Cathode Ray Tube) などのディスプレイ装置や印刷装置などによって構成され、計算装置2による計算結果と解析装置3による解析結果とを出力する。出力装置4は、計算装置2による計算結果と解析装置3による解析結果とを、さらに磁気ディスクなどの媒体に記憶させるものとしてもよい。

【0041】なお、上記不良分布解析システムにおいて、計算装置2は、位置間隔計算部21、組み合わせ数計算部22、値別頻度計算部23及び期待値関数計算部24の機能を実現するプログラムを実行するコンピュータ装置によって実現することができる。また、解析装置3は、計算装置2と同一のコンピュータ装置上で実現されていてもよく、この場合は、該コンピュータ装置が期待値関数解析のためのプログラムをも実行する。

【0042】以下、この実施の形態にかかる半導体集積

回路の不良分布解析システムにおける処理について、図2のフローチャートを参照して説明する。

【0043】まず、位置座標入力装置1から解析対象となる半導体集積回路に含まれる不良素子の特定方向の位置座標 x を入力する。この入力された位置座標 x は、位置座標入力装置1から計算装置2に転送される (ステップS101)。

【0044】計算装置2においては、まず、位置間隔計算部21が、不良素子の位置座標 x の任意の2つの組み合わせについて、不良素子間の位置座標間隔 $|\Delta x|$ を、不良素子の組み合わせ数 $N (= {}_nC_2 = n(n-1)/2)$ についてすべて網羅するように、それぞれ計算する。ここで、例えば、位置間隔計算部21は、位置座標 x の数 n をカウントし、 ${}_nC_2 = n(n-1)/2$ を計算して組み合わせ数 N を求める (ステップS102)。

【0045】次に、組み合わせ数計算部22は、位置座標間隔 $|\Delta x|$ の値が0となる組み合わせ数 u_x をカウントし、ステップS102でカウントした位置座標間隔 $|\Delta x|$ の組み合わせ数 N から u_x を減算して、組み合わせ数 N_x を求める (ステップS103)。

【0046】次に、値別頻度計算部23は、ステップS102で求めた位置座標間隔 $|\Delta x|$ のそれぞれについて、その約数 f を求める。但し、ここで求める約数 f は、2以上の整数とし、その最大値は位置座標間隔 $|\Delta x|$ の最大値 $|\Delta x|_{\max}$ となる (ステップS104)。値別頻度計算部23は、さらにステップS103で求めた約数 f の値毎に、その頻度 (値別頻度) $\Sigma m(f)$ を計算する (ステップS105)。

【0047】次に、期待値関数計算部24は、組み合わせ数計算部22で求めた組み合わせ数 N_x の中に含まれる約数 f の含有率 $P(f) = \Sigma m(f) / N_x$ に、それぞれ対応する約数 f を乗じて、期待値関数 $T(f) = f \cdot P(f)$ を、それぞれの約数 f に関して計算する。そして、計算装置2は、期待値関数計算部24が計算した期待値関数 $T(f)$ の値を、それぞれ解析装置3に転送する (ステップS106)。なお、上記のステップS102～S106における計算装置2の計算結果は、出力装置4に転送される。

【0048】次に、解析装置3は、計算装置2から転送された期待値関数 $T(f)$ の値をそれぞれ調べ、すべて1以下となっているかどうかを判別する (ステップS107)。すべて1以下となっている場合は、解析装置3は、不良素子の分布が不規則性分布であると判断し、それを解析結果として出力装置4に転送する (ステップS108)。一方、いずれか1つでも1を越えるものがある場合は、解析装置3は、不良素子の分布が規則性分布を含むと判断し、それを解析結果として出力装置4に転送する (ステップS109)。

【0049】そして、出力装置4は、計算装置2から転

送された計算結果、及び解析装置3から転送された解析結果を出力する(ステップS110)。そして、このフローチャートの処理を終了する。

【0050】以下、この不良分布解析システムにおいて、位置座標入力装置1から入力された不良分布の位置座標からどのような解析結果が得られるかについて、具体的な例を示して詳しく説明する。

【0051】(具体例1-1)この例では、半導体集積回路内の不良素子の数 $n=5$ とし、各不良素子の特定方向における位置座標 $(x)=(1), (2), (3), (4), (5)$ と仮定する。

【0052】①位置座標間隔 $|\Delta x|$ の計算(ステップS102)

この例においては、

座標 $x=1$ に対しては、 $x=2, 3, 4, 5$

座標 $x=2$ に対しては、 $x=3, 4, 5$

座標 $x=3$ に対しては、 $x=4, 5$

座標 $x=4$ に対しては、 $x=5$

の組み合わせが可能である。

【0053】従って、任意の2つの不良素子間の位置座標間隔 $|\Delta x|$ は、 $|\Delta x|=|2-1|, |3-1|, |4-1|, |5-1|, |3-2|, |4-2|, |5-2|, |4-3|, |5-3|, |5-4|$
 $=1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 1, 2, 1$ となる。また、その組み合わせ数 N は、 $N=10(=nC_2=n(n-1)/2=5(5-1)/2)$ となる。

【0054】②組み合わせ数 Nx の計算(ステップS103)

この例では、すべての間隔 $|\Delta x|>0$ なので該 N から $|\Delta x|$ が0となる組み合わせ数 u_x は無い。このため、 $Nx(=N-u_x)=10-0=10$ となる。

【0055】③約数 f の計算(ステップS104)

位置座標間隔 $|\Delta x|$ のそれぞれに対して、上述した条件に当てはまる約数 f を求めると、 $|\Delta x|=1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x|=2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x|=3$ に対して、上記条件を満たす約数 f は3のみである。 $|\Delta x|=4$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2および4である。 $|\Delta x|=5$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x|=1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x|=2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x|=3$ に対して、上記条件を満たす約数 f は3のみである。 $|\Delta x|=4$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x|=5$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。という結果が得られる。

【0056】④値別頻度 $\Sigma m(f)$ の計算(ステップS105)

上記のようにして計算した約数 f のそれぞれの値別頻度 $\Sigma m(f)$ を計算すると、

$$\Sigma m(2)=4$$

$$\Sigma m(3)=2$$

$$\Sigma m(4)=1$$

となる。

【0057】⑤期待値関数 $T(f)$ の計算(ステップS106)

上記の約数 $f(=2, 3, 4)$ のそれぞれの含有率 $P(f)$ は、

$$P(2)=4/10$$

$$P(3)=2/10$$

$$P(4)=1/10$$

となる。従って、約数 f に対する期待値関数 $T(f)$ は、

$$T(2)=2 \times 4/10=0.8$$

$$T(3)=3 \times 2/10=0.6$$

$$T(4)=4 \times 1/10=0.4$$

となる。

【0058】⑥不良分布の解析(ステップS107~S109)

この例においては、約数 $f(=2, 3, 4)$ のそれぞれに対する期待値関数 $T(f)$ の値が0と1との間にある。従って、この例においては、不良分布は不規則性分布であると判断される。

【0059】参考として、 $n=2 \sim 2048$ 、 $(x=1 \sim 2048)$ の範囲まで拡張して実施し、 $f=128$ までの $T(f)$ を描画した結果を図3に示す。該図より、期待値関数 $T(f)$ の値は、不良数 n の増加に従って増加し、0以上かつ1に近づいて行くが、決して1を超えないことが分かる。

【0060】(具体例1-2)この例では、半導体集積回路内の不良素子の数 $n=6$ とし、各不良素子の特定方向における位置座標 $(x)=(1), (2), (3), (4), (5), (c)$ と仮定する(但し、 c の値は、1~5のいずれか1つに等しいものとする)。

【0061】①位置座標間隔 $|\Delta x|$ の計算(ステップS102)

この例においては、

座標 $x=1$ に対しては、 $x=2, 3, 4, 5, c$

座標 $x=2$ に対しては、 $x=3, 4, 5, c$

座標 $x=3$ に対しては、 $x=4, 5, c$

座標 $x=4$ に対しては、 $x=5, c$

座標 $x=5$ に対しては、 $x=c$

の組み合わせが可能である。

【0062】従って、任意の2つの不良素子間の位置座標間隔 $|\Delta x|$ は、 $|\Delta x|=|2-1|, |3-1|, |4-1|, |5-1|, |c-1|, |3-2|, |4-2|, |5-2|, |c-2|, |4-3|, |5-3|, |c-3|, |5-4|, |c-4|, |c-5|=1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 1, 2, 1, |c-1|, |c-2|, |c-3|, |c-$

4 |, |c-5| となる。また、その組み合わせ数Nは、 $N=15 (= {}_n C_2 = n(n-1)/2 = 6(6-1)/2)$ となる。

【0063】②組み合わせ数Nxの計算(ステップS103)

この例では、cは1~5のどれか1つの数値に等しいので、|c-1|, |c-2|, |c-3|, |c-4|, |c-5|の内のどれか1種類だけ|Δx|=0となる。すなわち、|Δx|が0となる組み合わせ数uxは、ux=1であるから、 $Nx (= N - ux) = 15 - 1 = 14$ となる。

【0064】③約数fの計算(ステップS104)

位置座標間隔|Δx|のそれぞれに対して、上述した条件に当てはまる約数fは、具体例1-1の約数fを含み、さらにcの値に応じた約数fを加えたものとなる。cの値に応じた約数fとなる。ここで、|c-1|, |c-2|, |c-3|, |c-4|, |c-5|において、

c=1の場合、|Δx|=0, 1, 2, 3, 4

c=2の場合、|Δx|=1, 0, 1, 2, 3

c=3の場合、|Δx|=2, 1, 0, 1, 2

c=4の場合、|Δx|=3, 2, 1, 0, 1

c=5の場合、|Δx|=4, 3, 2, 1, 0

であり、cの値が1のときと5のときで、また、cの値が2のときと4のときとで約数fが等しくなる。

【0065】cの値が1または5である場合、約数fの値を求めると、|Δx|=0は、約数fの計算対象に含まれない。|Δx|=1に対して、上記条件を満たす約数fはない。|Δx|=2に対して、上記条件を満たす約数fは2のみである。|Δx|=3に対して、上記条件を満たす約数fは3のみである。|Δx|=4に対して、上記条件を満たす約数fは2および4である。という結果が得られる。

【0066】cの値が2または4である場合、約数fの値を求めると、|Δx|=1に対して、上記条件を満たす約数fはない。|Δx|=0は、約数fの計算対象に含まれない。|Δx|=1に対して、上記条件を満たす約数fはない。|Δx|=2に対して、上記条件を満たす約数fは2のみである。|Δx|=3に対して、上記条件を満たす約数fは3のみである。という結果が得られる。

【0067】cの値が3である場合、約数fの値を求めると、|Δx|=2に対して、上記条件を満たす約数fは2のみである。|Δx|=1に対して、上記条件を満たす約数fはない。|Δx|=0は、約数fの計算対象に含まれない。|Δx|=1に対して、上記条件を満たす約数fはない。|Δx|=2に対して、上記条件を満たす約数fは2のみである。

【0068】④値別頻度Σm(f)の計算(ステップS105)

cの値に関係しない値別頻度Σm(f)を求めると、

$$\Sigma m(2) = 4$$

$$\Sigma m(3) = 2$$

$$\Sigma m(4) = 1$$

となる。従って、これにcの関係する約数の値別頻度を加えたものが求める値別頻度Σm(f)となる。

【0069】cの値が1または5の場合、求める値別頻度Σm(f)は、

$$\Sigma m(2) = 4 + 2 = 6$$

$$\Sigma m(3) = 2 + 1 = 3$$

$$\Sigma m(4) = 1 + 1 = 2$$

となる。

【0070】cの値が2または4の場合、求める値別頻度Σm(f)は、

$$\Sigma m(2) = 4 + 1 = 5$$

$$\Sigma m(3) = 2 + 1 = 3$$

$$\Sigma m(4) = 1$$

となる。

【0071】cの値が3の場合、求める値別頻度Σm(f)は、

$$\Sigma m(2) = 4 + 2 = 6$$

$$\Sigma m(3) = 2$$

$$\Sigma m(4) = 1$$

となる。

【0072】⑤期待値関数T(f)の計算(ステップS106)

cの値が1または5の場合、上記の約数f(=2, 3, 4)のそれぞれの含有率P(f)は、

$$P(2) = 6/14$$

$$P(3) = 3/14$$

$$P(4) = 2/14$$

となる。従って、約数fに対する期待値関数T(f)は、

$$T(2) = 2 \times 6/14 = 0.86$$

$$T(3) = 3 \times 3/14 = 0.64$$

$$T(4) = 4 \times 2/14 = 0.57$$

となる。

【0073】cの値が2または4の場合、上記の約数f(=2, 3, 4)のそれぞれの含有率P(f)は、

$$P(2) = 5/14$$

$$P(3) = 3/14$$

$$P(4) = 1/14$$

となる。従って、約数fに対する期待値関数T(f)は、

$$T(2) = 2 \times 5/14 = 0.71$$

$$T(3) = 3 \times 3/14 = 0.64$$

$$T(4) = 4 \times 1/14 = 0.29$$

となる。

【0074】cの値が3の場合、上記の約数f(=2, 3, 4)のそれぞれの含有率P(f)は、

$$P(2) = 6/14$$

$$P(3) = 2/14$$

$$P(4) = 1/14$$

となる。従って、約数 f に対する期待値関数 $T(f)$ は、

$$T(2) = 2 \times 6/14 = 0.86$$

$$T(3) = 3 \times 2/14 = 0.43$$

$$T(4) = 4 \times 1/14 = 0.29$$

となる。

【0075】⑥不良分布の解析 (ステップS107～S109)

この例においては、 c の値が1から5のいずれの値をとる場合にも、約数 f ($=2, 3, 4$) のそれぞれに対する期待値関数 $T(f)$ の値が0と1との間にある。従って、この例においては、 c の値が1から5のいずれの値をとっても、不良分布は不規則性分布であると判断される。

【0076】(具体例1-3) この例では、半導体集積回路内の不良素子の数 $n=6$ とし、各不良素子の特定方向における位置座標 $(x) = (1), (2), (3), (4), (5), (c)$ と仮定する (但し、 $c=3$ とする)。

【0077】①位置座標間隔 $|\Delta x|$ の計算 (ステップS102)

この例においては、

座標 $x=1$ に対しては、 $x=2, 3, 3, 4, 5$

座標 $x=2$ に対しては、 $x=3, 3, 4, 5$

座標 $x=3$ に対しては、 $x=3, 4, 5$

座標 $x=3$ に対しては、 $x=4, 5$

座標 $x=4$ に対しては、 $x=5$

の組み合わせが可能である。

【0078】従って、任意の2つの不良素子間の位置座標間隔 $|\Delta x|$ は、 $|\Delta x| = |2-1|, |3-1|, |3-1|, |4-1|, |5-1|, |3-2|, |3-2|, |4-2|, |5-2|, |3-3|, |4-3|, |5-3|, |4-3|, |5-3|, |5-4| = 1, 2, 2, 3, 4, 1, 1, 2, 3, 0, 1, 2, 1, 2, 1$ となる。また、その組み合わせ数 N は、 $N=15$ ($= {}_n C_2 = n(n-1)/2 = 6(6-1)/2$) となる。

【0079】②組み合わせ数 N_x の計算 (ステップS103)

この例では、 $|3-3|$ の1種類だけ間隔 $|\Delta x| = 0$ となるで、 $|\Delta x|$ が0となる組み合わせ数 u_x は、 $u_x = 1$ となる。すなわち、 $u_x = 1$ であるから、 $N_x (= N - u_x) = 15 - 1 = 14$ となる。

【0080】③約数 f の計算 (ステップS104)

位置座標間隔 $|\Delta x|$ のそれぞれに対して、上述した条件に当てはまる約数 f を求めると、 $|\Delta x| = 1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x| = 2$ に対

して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x| = 2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x| = 3$ に対して、上記条件を満たす約数 f は3のみである。 $|\Delta x| = 4$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2および4である。 $|\Delta x| = 1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x| = 1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x| = 2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x| = 3$ に対して、上記条件を満たす約数 f は3のみである。 $|\Delta x| = 0$ は、約数 f の計算対象に含まれない。 $|\Delta x| = 1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x| = 2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x| = 1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x| = 2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x| = 1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。という結果が得られる。

【0081】④値別頻度 $\Sigma m(f)$ の計算 (ステップS105)

上記のようにして計算した約数 f のそれぞれの値別頻度 $\Sigma m(f)$ を計算すると、

$$\Sigma m(2) = 6$$

$$\Sigma m(3) = 2$$

$$\Sigma m(4) = 1$$

となる。

【0082】⑤期待値関数 $T(f)$ の計算 (ステップS106)

上記の約数 f ($=2, 3, 4$) のそれぞれの含有率 $P(f)$ は、

$$P(2) = 6/14$$

$$P(3) = 2/14$$

$$P(4) = 1/14$$

となる。従って、約数 f に対する期待値関数 $T(f)$ は、

$$T(2) = 2 \times 6/14 = 0.86$$

$$T(3) = 3 \times 2/14 = 0.43$$

$$T(4) = 4 \times 1/14 = 0.29$$

となる。

【0083】⑥不良分布の解析 (ステップS107～S109)

この例においては、約数 f ($=2, 3, 4$) のそれぞれに対する期待値関数 $T(f)$ の値が0と1との間にある。従って、この例においては、不良分布は不規則性分布であると判断される。

【0084】(具体例1-4) この例では、半導体集積回路内の不良素子の数 $n=7$ とし、各不良素子の特定方向における位置座標 $(x) = (1), (2), (3), (4), (5), (5), (c)$ と仮定する (但し、 $c=5$ とする)。

【0085】①位置座標間隔 $|\Delta x|$ の計算 (ステップS102)

この例においては、

座標 $x=1$ に対しては、 $x=2, 3, 4, 5, 5$

座標 $x=2$ に対しては、 $x=3, 4, 5, 5$

座標 $x=3$ に対しては、 $x=4, 5, 5$

座標 $x=4$ に対しては、 $x=5, 5$

座標 $x=5$ に対しては、 $x=5$

の組み合わせが可能である。

【0086】従って、任意の2つの不良素子間の位置座標間隔 $|\Delta x|$ は、 $|\Delta x|=|2-1|, |3-1|, |4-1|, |5-1|, |5-1|, |3-2|, |4-2|, |5-2|, |5-2|, |4-3|, |5-3|, |5-3|, |5-4|, |5-4|, |5-5|=1, 2, 3, 4, 4, 1, 2, 3, 3, 1, 2, 2, 1, 1, 0$ となる。また、組み合わせ数 N は、 $N=15 (= {}_n C_2 = n(n-1)/2 = 6(6-1)/2)$ となる。

【0087】②組み合わせ数 $N \times$ の計算(ステップS103)

この例では、 $|5-5|$ の1種類だけ間隔 $|\Delta x|=0$ となるで、 $|\Delta x|$ が0となる組み合わせ数 $u \times$ は、 $u \times=1$ となる。すなわち、 $u \times=1$ であるから、 $N \times (=N-u \times)=15-1=14$ となる。

【0088】③約数 f の計算(ステップS104)

位置座標間隔 $|\Delta x|$ のそれぞれに対して、上述した条件に当てはまる約数 f を求めると、 $|\Delta x|=1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x|=2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x|=3$ に対して、上記条件を満たす約数 f は3のみである。 $|\Delta x|=4$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2および4である。 $|\Delta x|=4$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2および4である。 $|\Delta x|=1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x|=2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x|=3$ に対して、上記条件を満たす約数 f は3のみである。 $|\Delta x|=3$ に対して、上記条件を満たす約数 f は3のみである。 $|\Delta x|=1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x|=2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x|=2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x|=1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x|=1$ に対して、上記条件を満たす約数 f はない。 $|\Delta x|=0$ は、約数 f の計算対象に含まれない。という結果が得られる。

【0089】④値別頻度 $\Sigma m(f)$ の計算(ステップS105)

上記のようにして計算した約数 f のそれぞれの値別頻度 $\Sigma m(f)$ を計算すると、

$$\Sigma m(2)=6$$

$$\Sigma m(3)=3$$

$$\Sigma m(4)=2$$

となる。

【0090】⑤期待値関数 $T(f)$ の計算(ステップS106) 上記の約数 $f(=2, 3, 4)$ のそれぞれの含有率 $P(f)$ は、

$$P(2)=6/14$$

$$P(3)=3/14$$

$$P(4)=2/14$$

となる。従って、約数 f に対する期待値関数 $T(f)$ は、

$$T(2)=2 \times 6/14=0.86$$

$$T(3)=3 \times 3/14=0.64$$

$$T(4)=4 \times 2/14=0.57$$

となる。【0091】⑥不良分布の解析(ステップS107~S109)

この例においては、約数 $f(=2, 3, 4)$ のそれぞれに対する期待値関数 $T(f)$ の値が0と1との間にある。従って、この例においては、不良分布は不規則性分布であると判断される。

【0092】さらに、この実施の形態の不良分布解析システムについて、実際に得られたデータを例にして説明する。図4は、不規則性分布の実例(不良素子数 $n=37000$ 個)を示す画像であるが、この画像では不良素子に相当する黒い点が一見不規則に分布しており、目視によって不良分布の解析を行うことは困難である。

【0093】図4の不規則性分布を、計算装置2及び解析装置3で解析した結果をグラフにして、図5に示す。この図から分かるように、期待値関数 $T(f)$ の値は、すべての約数 f について1を超えていない。従って、この結果から図4の不良分布が不規則性分布であるということ容易に判別することができる。

【0094】以上説明したように、この実施の形態の不良分布解析システムでは、任意の2つの不良素子の位置座標間隔 $|\Delta x|$ のすべてについてその約数 f を求め、各 f に対して期待値関数 $T(f)$ の値を計算する。そして、期待値関数 $T(f)$ の値がすべて1以下である場合には、不良素子分布が不規則性分布であると判断するので、不良分布から不良原因の候補を絞り込む際に、解析技術者の主観による誤った判断がされることを防ぐことができる。また、不良原因の候補を簡潔かつ迅速に絞り込むことができる。

【0095】このように、不良素子分布が不規則性分布であるか規則性分布を含むかを容易に判別することができるため、半導体集積回路の不良が誤配線や寸法違いによる設計起因のもの(一般に、規則性分布を示す)であるか、ウェハを取り巻く雰囲気中の異物やエッチングガスの濃度、温度分布のむらなどその他のもの(一般に、不規則性分布を示す)であるかを容易に判別することが可能となる。

【0096】また、不良素子の位置座標データは、不良素子数に比例して増加するが、位置座標間隔 $|\Delta x|$ の

約数 f と期待値関数 $T(f)$ との関係を示すデータにまとめることができるため、不良素子数に依存せず、データサイズを小さくすることができる。このため、解析装置の記憶容量にほとんど制約されずに、長期間に亘って不良傾向のデータを保存しておくことができる。

【0097】[第2の実施の形態] 図6は、この実施の形態にかかる半導体集積回路の不良分布解析システムの構成を示すブロック図である。この不良分布解析システムは、第1の実施の形態の不良分布解析システム(図1)に、規則性分布解析装置5を加えたものである。

【0098】規則性分布解析装置5は、解析装置3によって規則性分布を含むと判断された場合に、その規則性分布をさらに詳細に解析する。具体的には、対応する期待値関数 $T(f)$ が最大値 $T(f)_{1st}$ を示す約数 f_{1st} と、次に大きな値 $T(f)_{2nd}$ を示す約数 f_{2nd} との差 $|\Delta f|_{max} (= |f_{2nd} - f_{1st}|)$ の値を求め、 $|\Delta f|_{max}$ の値が約数 f_{1st} に等しいか、許容誤差 δ (但し、 $T(f)_{1st} \gg \delta \geq 0$) の範囲にあるかどうかを調べる。規則性分布解析装置5は、 $|\Delta f|_{max}$ の値が f_{1st} に等しいか、許容誤差 δ の範囲にあるときには、その規則性分布が周期 λ の規則性分布を含むと判断する。このような規則性分布の周期 λ の判断に関する考え方の基礎については、後述する。

【0099】また、この不良分布解析システムにおいては、出力装置4は、規則性分布解析装置5の解析結果をも併せて出力する。

【0100】なお、規則性分布解析装置5は、計算装置2および/または解析装置3と同一のコンピュータ装置上で実現されるものとしてもよい。この場合は、該コンピュータ装置が規則性分布解析のためのプログラムをも実行する。

【0101】次に、規則性分布の周期 λ の判断について、詳しく説明する。ここでは、 $n=2 \sim 2048$ ($x=1 \sim 2048$) の範囲まで規則性分布の解析を行い、 $f=128$ までの期待値関数 $T(f)$ をグラフに描画している。また、周期 λ によっては、理解を助けるため、簡略化したグラフを併せて示す。

【0102】周期 $\lambda=2$ の場合についての期待値関数 $T(f)$ にグラフを図8に示し、簡略化したグラフを図9に示す。これらの図から分かるように、期待値関数 $T(f)$ の値は、不良数 n の増加に従って増加し、約数 f が周期 $\lambda (=2)$ の倍数に一致しない場合は、 $T(f)$ が0以上かつ1に近づいて行くものの、決して1を超えない。これに対して、約数 f が $\lambda (=2)$ の倍数に一致する場合は、 $T(f)$ の最大値 $T(f)_{1st}$ が1を超えている。

【0103】同様に、周期 $\lambda=3$ の場合についての期待値関数 $T(f)$ のグラフを図10に示す。この図から分かるように、約数 f が λ の倍数以外の場合は期待値関数

$T(f)$ が0以上かつ1に近づいて行くものの、決して1を超えない。これに対して、約数 f が λ の倍数に一致する場合は、 $T(f)$ の最大値 $T(f)_{1st}$ が1を超えている。しかも、両図の期待値関数 $T(f)$ は、各々約数 $f_{1st} = \lambda$ の時に最大値 $T(f)_{1st} = \lambda$ を示し、かつ約数 $f_{2nd} = 2\lambda$ の時に2番目に大きな値 $T(f)_{2nd}$ を示す。すなわち、 $|\Delta f|_{max} = |f_{2nd} - f_{1st}| = |2\lambda - \lambda| = \lambda = T(f)_{1st}$ なので、該不良分布は $|\Delta f|_{max}$ を約数とする周期 λ の規則性分布を含むと判断される。

【0104】同様に、周期 $\lambda=5$ の場合についての期待値関数 $T(f)$ のグラフを図11に示す。この図から分かるように、約数 f が λ の倍数以外の場合は期待値関数 $T(f)$ が0以上かつ1に近づいて行くものの、決して1を超えない。これに対して、約数 f が λ の倍数に一致する場合は、 $T(f)$ の最大値 $T(f)_{1st}$ が1を超えている。しかも、両図の期待値関数 $T(f)$ は、各々約数 $f_{1st} = \lambda$ の時に最大値 $T(f)_{1st} = \lambda$ を示し、かつ約数 $f_{2nd} = 2\lambda$ の時に2番目に大きな値 $T(f)_{2nd}$ を示す。すなわち、 $|\Delta f|_{max} = |f_{2nd} - f_{1st}| = |2\lambda - \lambda| = \lambda = T(f)_{1st}$ なので、該不良分布は $|\Delta f|_{max}$ を約数とする周期 λ の規則性分布を含むと判断される。

【0105】また、周期 $\lambda=10$ の場合についての期待値関数 $T(f)$ にグラフを図12に示し、簡略化したグラフを図13に示す。これらの図から分かるように、周期 λ 自身が約数を持つ場合、約数 f が $\lambda (=10)$ の倍数以外かつ λ 自身の約数 ($=2, 5$) の倍数以外の場合は期待値関数 $T(f)$ が0以上かつ1に近づいて行くが、決して1を超えない。これに対して、約数 f が $\lambda (=10)$ の倍数および λ 自身の約数 ($=2, 5$) の倍数の場合は、 $T(f)$ の最大値 $T(f)_{1st}$ が1を超える。しかも、期待値関数 $T(f)$ は、 $f_{1st} = 10 (= \lambda)$ の時に最大値 $T(f)_{1st} = \lambda$ を示し、かつ約数 $f_{2nd} = 2\lambda$ の時に2番目に大きな値 $T(f)_{2nd}$ を示す。 $|\Delta f|_{max} = |f_{2nd} - f_{1st}| = \lambda = T(f)_{1st}$ なので、該不良分布は $|\Delta f|_{max}$ を約数とする周期 $\lambda=10$ の規則性分布を含むと判断される。

【0106】また、周期 $\lambda=36$ の場合についての期待値関数 $T(f)$ にグラフを図14に示し、簡略化したグラフを図15に示す。これらの図から分かるように、約数 f が $\lambda (=36)$ の倍数以外かつ λ 自身の約数 ($=2, 3, 4, 6, 9, 12, 18$) の倍数以外の場合は期待値関数 $T(f)$ が0以上かつ1に近づいて行くが、決して1を超えない。これに対して、約数 f が $\lambda (=36)$ の倍数および λ 自身の約数 ($=2, 3, 4, 6, 9, 12, 18$) の倍数の場合は、 $T(f)$ の最大値 $T(f)_{1st}$ が1を超える。しかも、期待値関数 $T(f)$ は $f=36 (= \lambda)$ の時に最大値 $T(f)_{1st}$

10

20

30

40

50

$=\lambda$ を示し、かつ約数 $f_{2nd}=2\lambda$ の時に2番目に大きな値 $T(f)_{2nd}$ を示す。 $|\Delta f|_{\max}=|f_{2nd}-f_{1st}|=\lambda=T(f)_{1st}$ なので、該不良分布は $|\Delta f|_{\max}$ を約数とする周期 $\lambda=36$ の規則性分布を含むと判断される。

【0107】結論として、不良素子分布がただ1種類の周期 λ の規則性不良分布を含む場合、期待値関数 $T(f)$ が1を超える最大値 $T(f)_{1st}$ を示す時の約数 f_{1st} と、次に大きな値 $T(f)_{2nd}$ を示す時の約数 f_{2nd} との差 $|\Delta f|_{\max}$ は、不良素子間の間

隔における組み合わせ数 n の値および周期 λ の種類に関係なく、周期 λ 自身を含めた周期 λ の約数に等しくなる。

【0108】以下、この実施の形態にかかる半導体集積回路の不良分布解析システムにおける処理について、図7のフローチャートを参照して説明する。この実施の形態の不良分布解析システムにおける処理は、ステップS107で期待値関数 $T(f)$ の値としていずれか1つでも1を超えるものがあると判別され、ステップS109で不良分布が規則性分布を含むと判断された場合の処理が、第1の実施の形態のもの(図2)と異なる。また、ステップS106での期待値関数計算部24での計算結果は、計算装置2から規則性分布解析装置5にも転送される。

【0109】ステップS109で不良分布が規則性分布を含むと判断されると、規則性分布解析装置5は、まず、計算装置2から転送された期待値関数 $T(f)$ のうちで対応する期待値関数 $T(f)$ が最大値 $T(f)_{1st}$ を示す約数 f_{1st} と、次に大きな値 $T(f)_{2nd}$ を示す約数 f_{2nd} との差 $|\Delta f|_{\max}(=|f_{2nd}-f_{1st}|)$ の値を求める(ステップS201)。

【0110】次に、規則性分布解析装置5は、 $|\Delta f|_{\max}$ の値が約数 f_{1st} に等しいかどうかを判別する(ステップS202)。約数 f_{1st} に等しいと判別された場合には、規則性分布解析装置5は、後述するステップS204の処理を実行する。

【0111】一方、約数 f_{1st} に等しくないと判別された場合には、規則性分布解析装置5は、さらに、 $|\Delta f|_{\max}$ の値が許容誤差 δ (但し、 $T(f)_{1st} \gg \delta \geq 0$)の範囲にあるかどうかを判別する(ステップS203)。許容誤差 δ の範囲にないと判別された場合には、ステップS110に進み、第1の実施の形態の場合と同様に、ステップS109での解析装置3による解析結果を出力装置4から出力する。

【0112】また、許容誤差 δ の範囲にあると判別された場合には、ステップS204に進む。ステップS204では、規則性分布解析装置5は、不良素子の分布の中に、その周期が λ である規則性分布を含むと判断し、それを解析結果として出力装置4に転送する。この場合には、ステップS109で出力装置4は、規則性分布解析

装置5による解析結果も併せて出力する。

【0113】以下、この不良分布解析システムにおいて、位置座標入力装置1から入力された不良分布の位置座標からどのような解析結果が得られるかについて、具体的な例を示して詳しく説明する。

【0114】(具体例2-1)この例では、半導体集積回路内の不良素子の数 $n=5$ とし、各不良素子の特定方向における位置座標 $(x)=(1), (3), (5), (7), (9)$ と仮定する。

【0115】①位置座標間隔 $|\Delta x|$ の計算(ステップS102)この例においては、

座標 $x=1$ に対しては、 $x=3, 5, 7, 9$

座標 $x=3$ に対しては、 $x=5, 7, 9$

座標 $x=5$ に対しては、 $x=7, 9$

座標 $x=7$ に対しては、 $x=9$

の組み合わせが可能である。

【0116】従って、任意の2つの不良素子間の位置座標間隔 $|\Delta x|$ は、 $|\Delta x|=|3-1|, |5-1|, |7-1|, |9-1|, |5-3|, |7-3|, |9-3|, |7-5|, |9-5|, |9-7|$
 $=2, 4, 6, 8, 2, 4, 6, 2, 4, 2$ となる。また、組み合わせ数 N は、 $N=10(=nC_2=n(n-1)/2=5(5-1)/2)$ となる。間隔の計算の結果、 $|\Delta x|$ の組み合わせが得られる。

【0117】②組み合わせ数 N_x の計算(ステップS103)

この例では、すべての間隔 $|\Delta x|>0$ なので該 N から $|\Delta x|$ が0となる組み合わせ数 u_x は、 $u_x=0$ となる。すなわち、 N から u_x を除いた組み合わせ数 $N_x(=N-u_x)=10-0=10$ となる。

【0118】③約数 f の計算(ステップS104)

位置座標間隔 $|\Delta x|$ のそれぞれに対して、上述した条件に当てはまる約数 f を求めると、 $|\Delta x|=2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x|=4$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2および4である。 $|\Delta x|=6$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2、3および6である。 $|\Delta x|=8$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2、4および6である。 $|\Delta x|=2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x|=4$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2および4である。 $|\Delta x|=6$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2、3および6である。 $|\Delta x|=2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。 $|\Delta x|=4$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2および4である。 $|\Delta x|=2$ に対して、上記条件を満たす約数 f は2のみである。

【0119】④値別頻度 $\Sigma m(f)$ の計算(ステップS105)

上記のようにして計算した約数 f のそれぞれの値別頻度 $\Sigma m(f)$ を計算すると、

$$\begin{aligned}\Sigma m(2) &= 10 \\ \Sigma m(3) &= 2 \\ \Sigma m(4) &= 4 \\ \Sigma m(5) &= 0 \\ \Sigma m(6) &= 2 \\ \Sigma m(7) &= 0 \\ \Sigma m(8) &= 1\end{aligned}$$

となる。

【0120】⑤期待値関数 $T(f)$ の計算(ステップS106)

約数 f のそれぞれの含有率 $P(f)$ は、

$$\begin{aligned}P(2) &= 10/10 \\ P(3) &= 2/10 \\ P(4) &= 4/10 \\ P(5) &= 0/10 \\ P(6) &= 2/10 \\ P(7) &= 0/10 \\ P(8) &= 1/10\end{aligned}$$

となる。

【0121】従って、約数 f に対する期待値関数 $T(f)$ は、

$$\begin{aligned}T(2) &= 2 \times 10/10 = 2.0 \\ T(3) &= 3 \times 2/10 = 0.6 \\ T(4) &= 4 \times 4/10 = 1.6 \\ T(5) &= 5 \times 0/10 = 0.0 \\ T(6) &= 6 \times 2/10 = 1.2 \\ T(7) &= 7 \times 0/10 = 0.0 \\ T(8) &= 8 \times 1/10 = 0.8\end{aligned}$$

となる。

【0122】⑥不良分布の解析(ステップS107~S109)

この例においては、約数 f の値が2, 4, 6の場合に、対応する期待値関数 $T(f)$ の値が1を超える。従って、この例においては、不良分布は規則性分布を含むと判断される。

【0123】上記のように、この例では、不良分布に規則性分布が含まれると判断されたため、規則性分布解析装置5により、さらにこの規則性分布の解析が行われることとなる。

【0124】⑦ $|\Delta f|_{\max}$ の計算(ステップS201)

この例において、期待値関数 $T(f)$ の値が最も大きい約数 $f1st$ は2であり、次に大きい約数 $f2nd$ は4である。従って、

$$|\Delta f|_{\max} = |4 - 2| = 2$$

となる。

【0125】⑧規則性分布の解析(S202~S204)

上記したように、 $|\Delta f|_{\max}$ の値は2であり、期待値関数 $T(f)$ が最大となる約数 $f1st$ の値2に等し

い。従って、この例における不良分布には、周期 λ の規則性分布が含まれると判断される。

【0126】さらに、この実施の形態の不良分布解析システムについて、実際に得られたデータを例にして説明する。図16は、規則性分布を含むものの実例(不良素子数 $n=1000$ 個)を示す画像であり、不良素子に相当する黒い点が規則的に分布しているのが目視によっても見て取れる。しかし、その周期を詳細に調べなければならない。

10 【0127】図16の規則性分布をこの実施の形態の規則性分布解析装置5で解析した結果をグラフにして、図17に示す。この図から分かるように、期待値関数 $T(f)$ が最大となる約数 $f1st$ は1024、次に期待値関数が大きい約数 $f2nd$ は2048である。従って、 $|\Delta f|_{\max} = |f2nd - f1st| = |2048 - 1024| = 1024$ となり、1024を約数とする周期 λ の規則性分布を含むと判断することができる。このように、不規則分布や異なる周期の規則性分布を含んでいる場合でも、主要な規則性分布の周期を検出することができる。

【0128】以上説明したように、この実施の形態の不良分布解析システムでは、期待値関数 $T(f)$ の最大値 $T(f)1st$ を示す約数 $f1st$ と、期待値関数 $T(f)$ の次に大きい値 $T(f)2nd$ を示す約数 $f2nd$ との差、 $|f2nd - f1st|$ によって、規則性分布の周期 λ を求めている。このため、絞り込まれた不良分布が規則性分布を含むと判断された場合に、その周期 λ を容易かつ迅速に求めることができる。

【0129】[第3の実施の形態] 図18は、この実施の形態にかかる半導体集積回路の不良分布解析システムの構成を示すブロック図である。この不良分布解析システムは、第1の実施の形態の不良分布解析システム(図1)に、マルチメディアデータ入力装置6と、データベース装置7とを加えたものである。

【0130】マルチメディアデータ入力装置6は、解析対象、すなわち位置座標入力装置1から位置座標 x が入力される半導体集積回路に含まれる不良素子の分布を示す画像(図を含む。以下、同じ)を入力し、データベース装置7に渡す。なお、マルチメディアデータ入力装置6としては、不良素子の位置座標をプロットした図を描画するコンピュータ装置、解析対象の半導体集積回路の写真を撮像するスキャナ装置、或いは半導体集積回路を撮影した動画像から該半導体集積回路全体の精子画像を作成するビデオ装置などを用いることができる。

【0131】データベース装置7は、補助記憶装置上に構築されるデータベース71にマルチメディアデータ入力装置6から入力された半導体集積回路の不良分布を示す画像を登録する。また、データベース装置7は、解析装置3によって値が1を超える期待値関数 $T(f)$ が含まれていると判断されたときに、当該期待値関数 T

(f) と約数 f との組をデータ単位として、先に登録されている半導体集積回路の不良分布を示す画像と対応付けてデータベース 71 に登録する。また、データベース装置 3 は、期待値関数 $T(f)$ と約数 f との組によるデータ単位をデータベース 71 に登録したときの日時を取得し、取得した日時情報を含む識別情報をさらに対応付けてデータベース装置 71 に登録する。

【0132】データベース装置 7 は、また、キーボードなどの入力装置から期待値関数 $T(f)$ と約数 f との組を入力すると、入力された期待値関数 $T(f)$ と約数 f との組によりデータベース 71 を検索し、対応する識別情報と不良分布を示す画像とを取得する。そして、これら検索されたデータを出力装置 4 に転送する。

【0133】この実施の形態においては、出力装置 4 は、計算装置 2 の計算結果、解析装置 3 の解析結果を出力する他、データベース装置 7 によって検索され、転送されたデータを該データに含まれる識別情報中の日時情報に基づいてソートして出力する。また、計算装置 2 による計算結果及び解析装置 3 による解析結果は、データベース装置 7 にも転送される。

【0134】なお、データベース装置 7 は、計算装置 2 および／または解析装置 3 と同一のコンピュータ装置上で実現されるものとしてもよい。この場合は、該コンピュータ装置が、上記したようなデータベースプログラムをも実行し、該コンピュータ装置が有する記録装置上にデータベースが作成される。

【0135】以下、この実施の形態にかかる半導体集積回路の不良分布解析システムにおける処理について、図 19 のフローチャートを参照して説明する。ここで、図 19 のフローチャートの処理に先立って、解析対象となる半導体集積回路に含まれる不良素子の分布を示す画像を、データベース装置 7 により予めデータベース 71 に登録しておく。

【0136】図 19 のフローチャートの処理は、ステップ S107 で期待値関数 $T(f)$ の値としていずれか 1 つでも 1 を越えるものがあると判別され、ステップ S109 で不良分布が規則性分布を含むと判断された場合の処理が、第 1 の実施の形態のもの (図 2) と異なる。

【0137】ステップ S109 で不良分布が規則性分布を含むと判断されると、データベース装置 7 は、規則性分布を含むとの判断の基となった期待値関数 $T(f)$ と約数 f との組をデータ単位として設定する (ステップ S301)。次に、データベース装置 7 は、現在日時を取得し、取得した日時情報を含む識別情報を生成する (ステップ S302)。

【0138】次に、データベース装置 7 は、先に登録されている不良分布を示す画像と対応付けて、ステップ S301 で設定したデータ単位 (期待値関数 $T(f)$ と約数 f) とステップ S302 で生成した識別情報とをデータベース 71 に登録する (ステップ S303)。そし

て、ステップ S110 の処理に進む。

【0139】次に、データベース 71 に登録されたデータの出力について、図 20 のフローチャートを参照して説明する。

【0140】まず、半導体集積回路の設計担当者などの解析技術者が、データベース装置 7 の入力装置から任意の期待値関数 $T(f)$ と約数 f との組を入力する (ステップ S311)。データベース装置 7 は、ステップ S311 で入力された期待値関数 $T(f)$ と約数 f との組によりデータベース 71 を検索し、対応する識別情報と不良分布を示す画像とを取得する。そして、これら検索されたデータを出力装置 4 に転送する (ステップ S312)。

【0141】次に、出力装置 4 は、データベース装置 7 から転送されてきたデータを識別情報中の日時情報に基づいてソートする。そして、ソートした順で一覧のリストを出力する (ステップ S313)。なお、不良分布を示す画像は、一覧のリスト上の所望のデータにカーソルを合わせ、マウスクリックなどによりコマンドを投入することで出力するものとしてもよい。そして、このフローチャートの処理を終了する。

【0142】以上説明したように、この実施の形態の不良分布解析システムでは、期待値関数 $T(f)$ と約数 f とを組とするデータを、不良分布を示す画像と対応付けて記憶している。そして、任意の期待値関数 $T(f)$ と約数 f との組を入力することによって、対応する不良分布を示す画像をデータベース 71 から検索して取得する。このため、共通の分布特徴を有する不良分布を示す画像を正確に検索することができる。

【0143】また、出力装置 4 は、データベース 71 から検索されたデータを、識別情報中の日時情報に基づいてソートして出力する。このため、共通の分布特徴を示す画像が時系列的にどのように増減しているかを容易に知ることができる。

【0144】【実施の形態の変形】本発明は、上記の実施の形態に限られず、種々の変形、応用が可能である。以下、本発明に適用可能な上記の実施の形態の変形態様について、説明する。

【0145】上記の第 3 の実施の形態では、第 1 の実施の形態の不良分布解析システムに対して、マルチメディアデータ入力装置 6 と、データベース装置 7 とを付加したものについて説明した。これに対し、図 21 に示すように、第 2 の実施の形態の不良分布解析システムに対して、マルチメディアデータ入力装置 6 と、データベース装置 7 とを付加する構成とすることも可能である。

【0146】上記の第 1 ～第 3 の実施の形態では、計算装置 2 は、コンピュータ装置でプログラムを実行することにより、位置間隔計算部 21、組み合わせ数計算部 22、値別頻度計算部 23 及び期待値関数計算部 24 の機能を実現するものとしていた。また、解析装置 3 及び規

10

20

30

40

50

則性分布解析装置 5 も、コンピュータ装置でプログラムを実行することにより、その機能を実現するものとしていた。このようなプログラムは、図 22 に示すように、CD-ROM などのコンピュータ読み取り可能な記録媒体 91~93 に格納して配布し、パーソナルコンピュータやエンジニアリングワークステーションなどの汎用コンピュータ 81~83 でこの記録媒体からプログラムを読み出して、実行するものとしてもよい。なお、記録媒体 91~93 は、それぞれ別個の媒体に分かれているものであっても、同一の媒体としてもよい。

【0147】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むか不規則性分布であるかを容易かつ迅速に知ることができる。ひいては、半導体集積回路の不良が、設計に起因するものかそうでないかも容易に知ることができる。

【0148】また、不良素子の位置座標に関するデータを、位置座標間隔の約数と期待値関数とに集約することができるため、記憶容量の制約をあまり受けずに、半導体集積回路に含まれる不良素子の傾向に関するデータを保存しておくことができる。

【0149】さらに、半導体集積回路に含まれる不良素子の分布が規則性分布を含むと判別された場合に、規則性分布解析手段（ステップ）によりその規則性分布の周期を容易かつ迅速に求めることができる。

【0150】さらに、データ登録手段（ステップ）、データ検索手段（ステップ）により半導体集積回路の不良素子の規則性分布がどのように発生しているかを容易に知ることができる。特に、時系列の識別情報をさらに登録することにより、その発生を時系列的に容易に知ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態にかかる半導体集積回路の不良分布解析システムの構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 の不良分布解析システムによる処理を示すフローチャートである。

【図 3】不良分布が不規則性分布を示す場合の、期待値関数と対応する約数との関係例を示すグラフである。

【図 4】不規則性分布の実例を示す画像である。

【図 5】図 4 の不規則性分布を横方向に解析した結果を示す図である。

【図 6】本発明の第 2 の実施の形態にかかる半導体集積回路の不良分布解析システムの構成を示すブロック図である。

【図 7】図 6 の不良分布解析システムによる処理を示すフローチャートである。

【図 8】規則性分布の周期の判断を説明する図であり、周期 $\lambda = 2$ の規則性分布における約数毎の期待値関数の

値を示すグラフである。

【図 9】図 8 のグラフを簡略化したグラフである。

【図 10】規則性分布の周期の判断を説明する図であり、周期 $\lambda = 3$ の規則性分布における約数毎の期待値関数の値を示すグラフである。

【図 11】規則性分布の周期の判断を説明する図であり、周期 $\lambda = 5$ の規則性分布における約数毎の期待値関数の値を示すグラフである。

【図 12】規則性分布の周期の判断を説明する図であり、周期 $\lambda = 10$ の規則性分布における約数毎の期待値関数の値を示すグラフである。

【図 13】図 12 のグラフを簡略化したグラフである。

【図 14】規則性分布の周期の判断を説明する図であり、周期 $\lambda = 36$ の規則性分布における約数毎の期待値関数の値を示すグラフである。

【図 15】図 14 のグラフを簡略化したグラフである。

【図 16】規則性分布を含むものの実例を示す画像である。

【図 17】図 16 の規則性分布における周期を縦方向に解析した結果を示す図である。

【図 18】本発明の第 3 の実施の形態にかかる半導体集積回路の不良分布解析システムの構成を示すブロック図である。

【図 19】図 18 の不良分布解析システムによるデータ登録処理、及び解析結果の出力処理を示すフローチャートである。

【図 20】図 18 の不良分布解析システムによるデータ検索処理を示すフローチャートである。

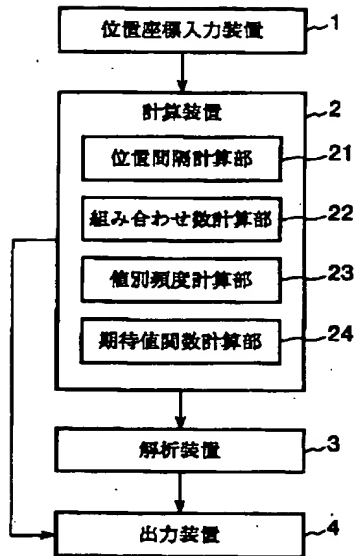
【図 21】本発明の実施の形態の変形にかかる半導体集積回路の不良分布解析システムの構成を示すブロック図である。

【図 22】本発明の実施の形態の変形にかかる半導体集積回路の不良分布解析システムの構成を示すブロック図である。

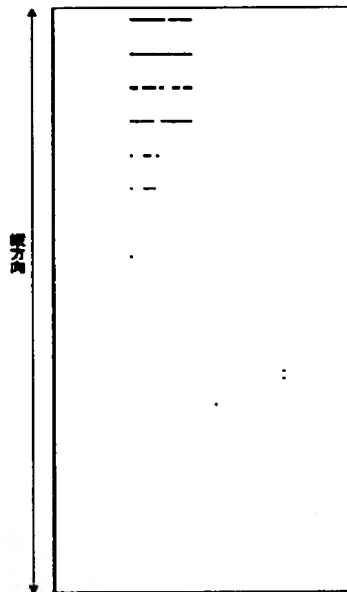
【符号の説明】

- 1 位置座標入力装置
- 2 計算装置
- 3 解析装置
- 4 出力装置
- 5 規則性分布解析装置
- 6 マルチメディアデータ入力装置
- 7 データベース装置
- 21 位置間隔計算部
- 22 組み合わせ数計算部
- 23 値別頻度計算部
- 24 期待値関数計算部
- 71 データベース
- 81~83 汎用コンピュータ
- 91~93 記録媒体

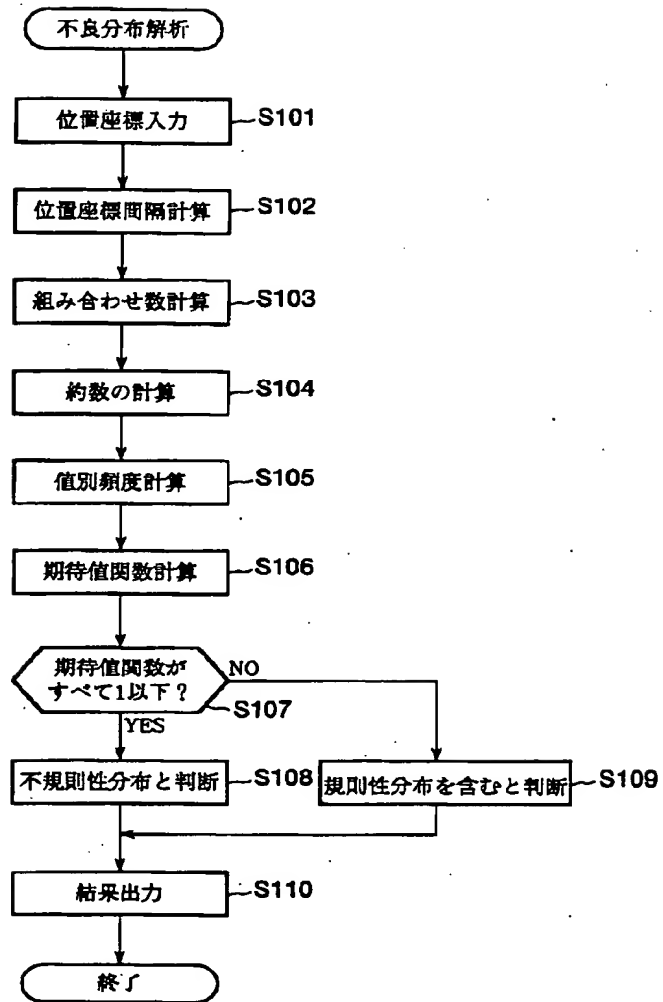
【図1】



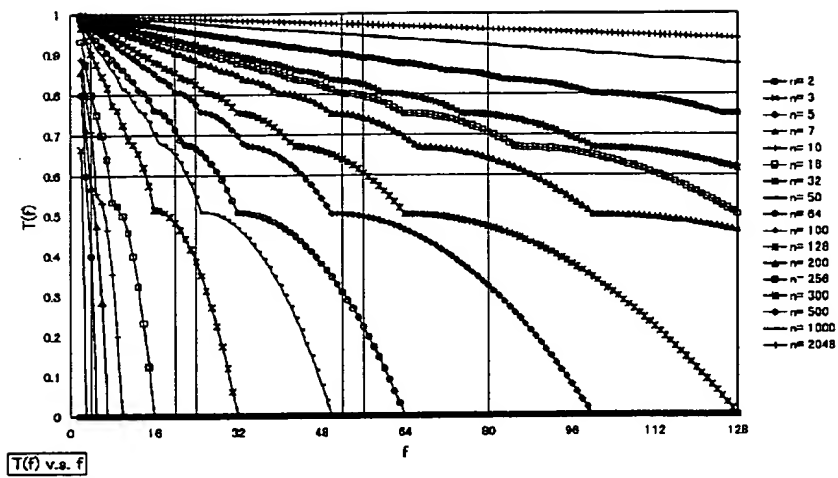
【図16】



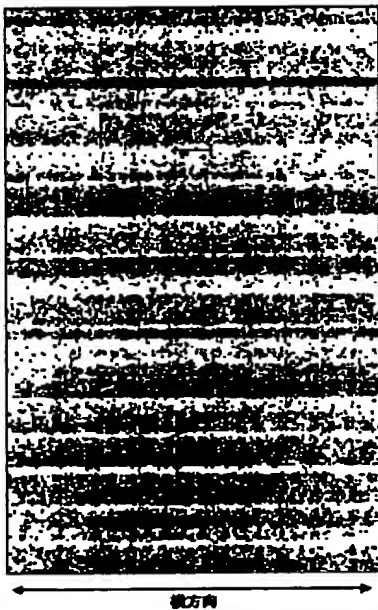
【図2】



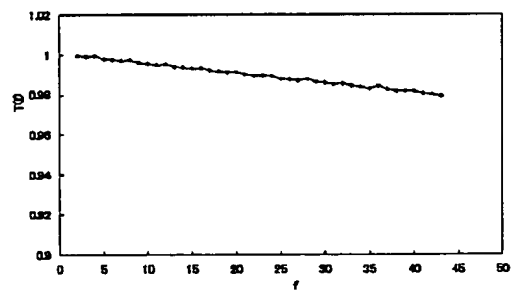
【図3】



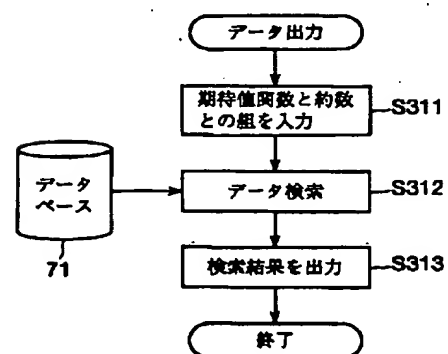
【図4】



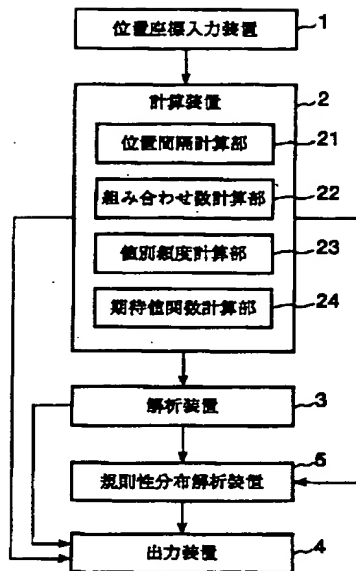
【図5】



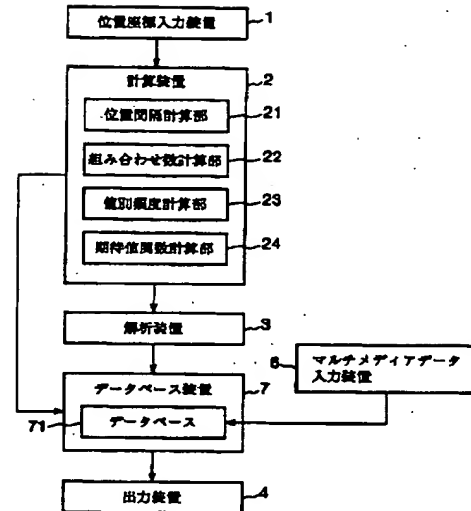
【図20】



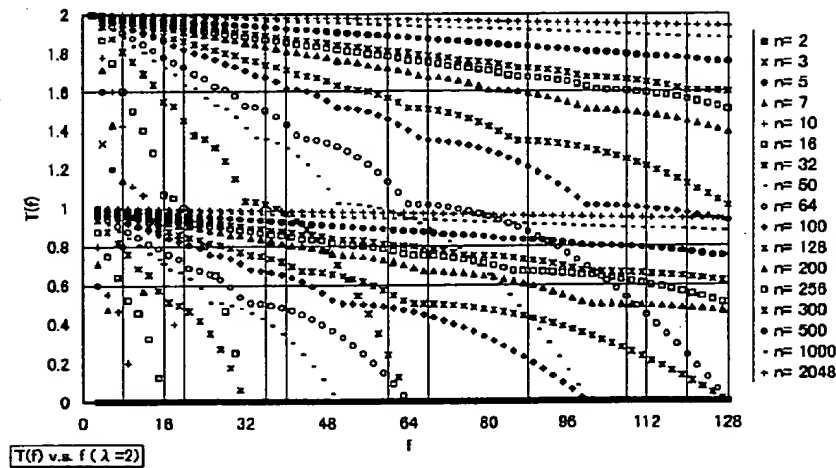
【図6】



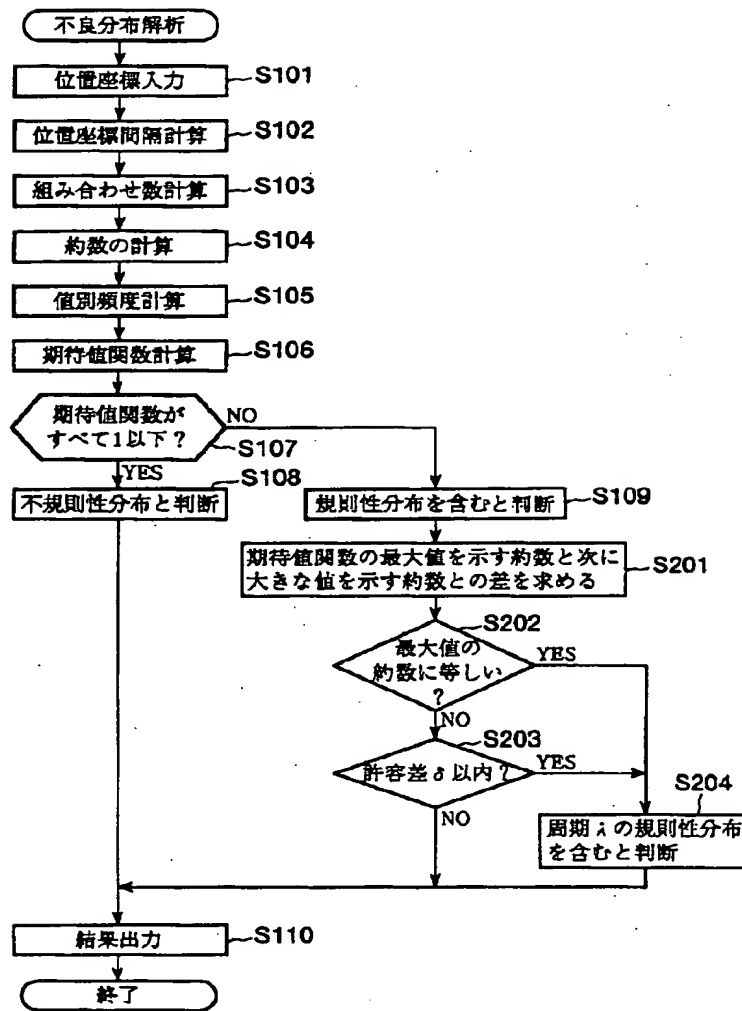
【図18】



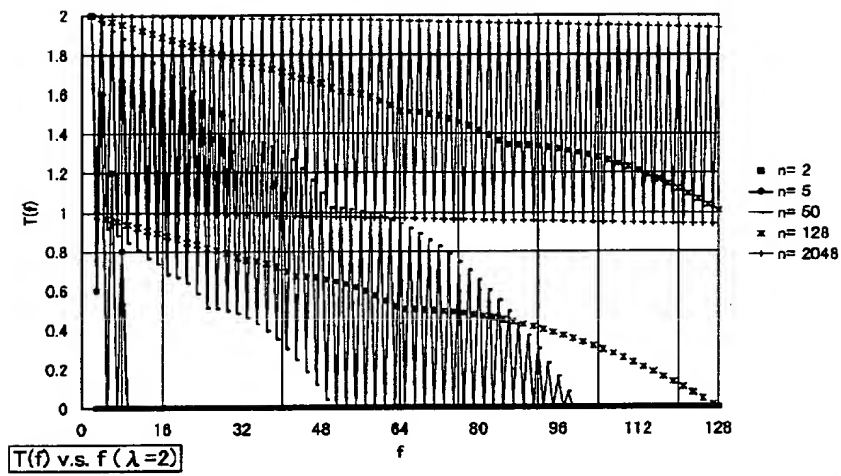
【図8】



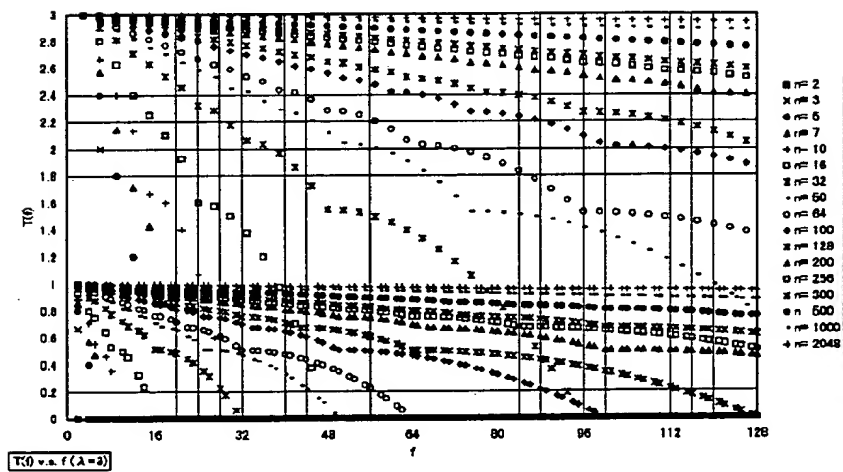
【図7】



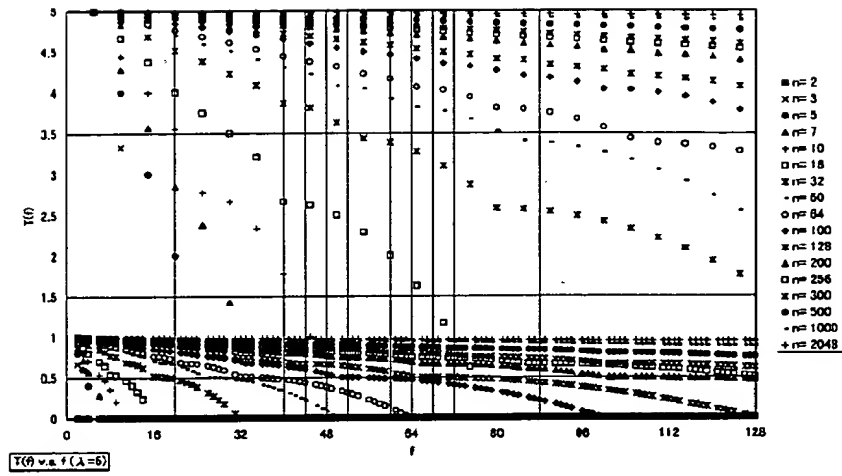
【図9】



【図10】



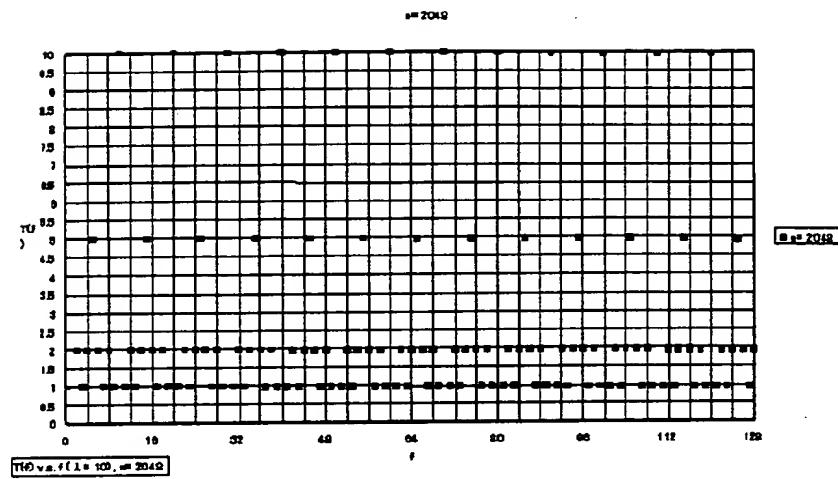
【図11】



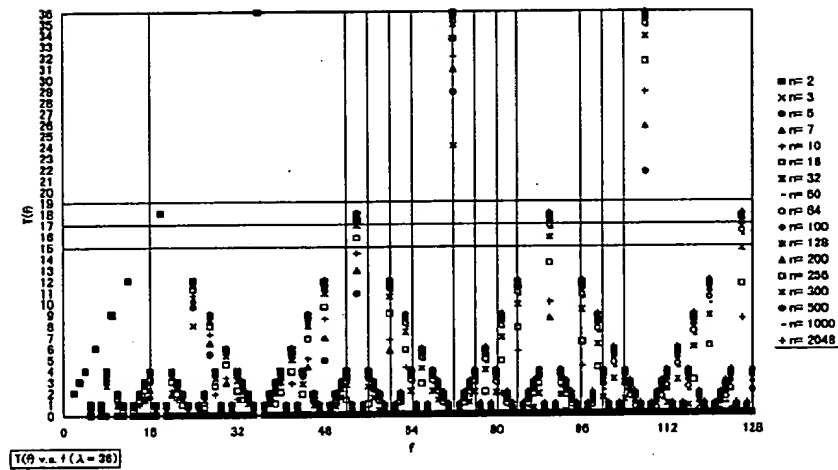
【図12】



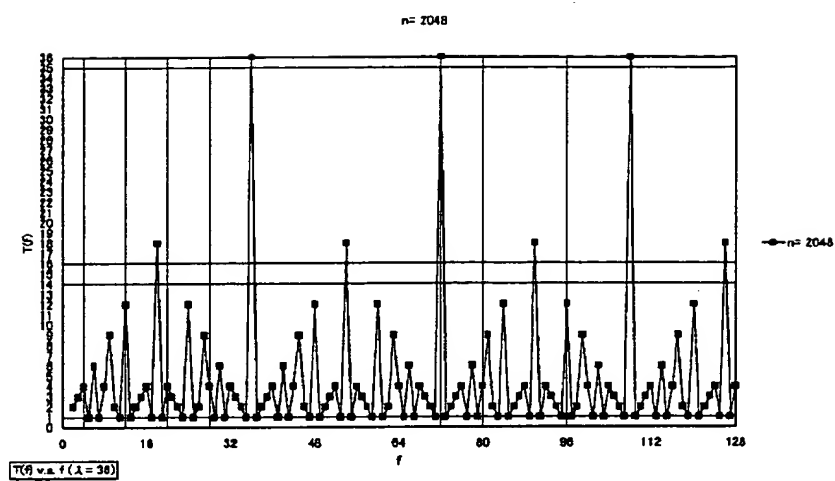
【図13】



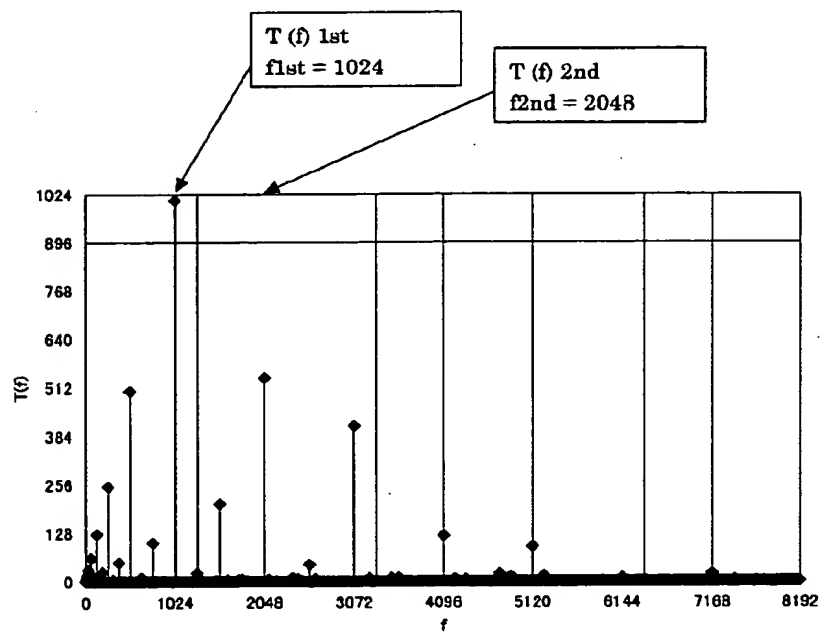
【図14】



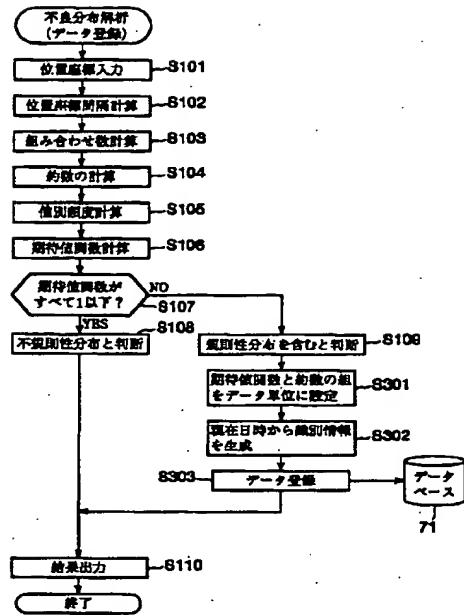
【図15】



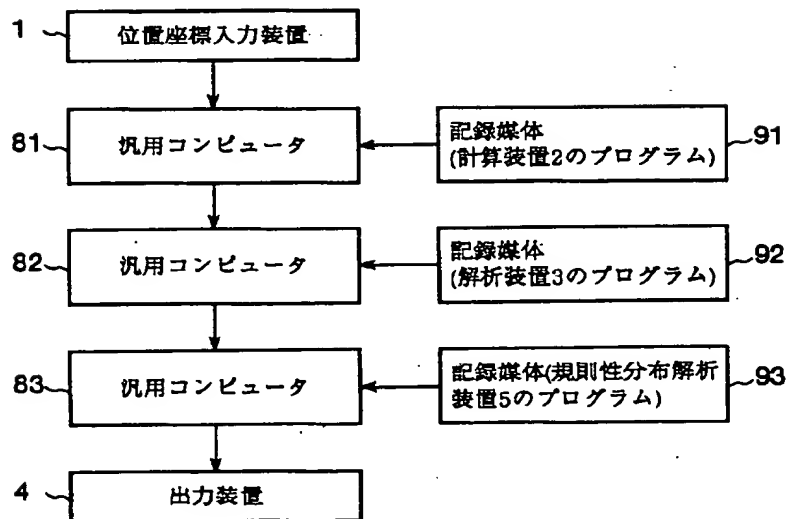
【図17】



【図19】



【図22】



【図21】

